

PENURUNAN MODEL PERMUKAAN DIJITAL (DSM) MENJADI MODEL ELEVASI DIJITAL (DEM) DARI CITRA SATELIT ALOS PALSAR (Studi kasus: NAD Bagian Tenggara, Indonesia)

Atriyon Julzarika *), Bambang Sudarsono **)

Abstract

Alos satellite is one of the natural resources satellite that could be used in 3D applications. The problems that be taken in generate 3D model with satellite imagery are the model always be formed as Digital Surface Model (DSM), not Digital Terrain Model (DTM), Digitalen HöheModellen (DHM), Digital Geoid Model (DGM) or Digital Elevation Model (DEM). The reference system of 3D model that are produced by Alos satellite image still as surface for z axis, for x axis and y axis has been closed to 2D reference system in some certain datum and system of map projection. In case, it needs a research for observing the accuracy and precision of Alos satellite data using a least square adjustment of parameter methods. The results of this research will be used as reference for next research to invent a way for changing DSM from Alos satellite image to be DEM, DTM, DHM, DHM, and DGM digital-automatically. It is a new innovation of differentiating technical of 3D model.

A differentiating technical from DSM to be DEM could be done with least square adjustment in parameter methods. It calls DSM2DEM. This new innovation methods for differentiating DSM2DEM. In that study cases, differentiating technical that are used be divided for two class, that are lowland area and highland area. Differentiating in that two class use similar methods, just is differentiated in sum up of researching points that are used. In this research study of cases are in highland area and lowland area. In highland area uses minimize 14 researching points and in lowland area uses minimize seven researching points. That differentiating technical are done in Alos images. In other satellite images, photos, videos that study in highland and lowland area also use this methods for differentiating DSM2DEM. Order level that are used as research points will influence the quality of its data accuracy and precision.*

Keyword: 3D Model, Alos Palsar images, DSM2DEM

** DSM2DEM is new innovation methods in 3D model differentiating that are observed by Atriyon Julzarika (Nominee ASAIHL Scopus Young Scientist Award 2008 and Nominee 22nd Khwarizmi International Award)*

Pendahuluan

Teknologi dalam keteknikan terutama geodesi dan geomatika telah mengalami perkembangan pesat pada bidang penginderaan jauh. Perkembangan tersebut ditandai dengan banyaknya satelit yang berada di angkasa sehingga berbagai aplikasi kebumihan mengalami peningkatan akurasi dan presisi. Pada beberapa aplikasi yang bersifat kebumihan, kebanyakan menggunakan satelit sumberdaya alam, seperti ALOS, Landsat, Ikonos, SPOT, Beijing-1, CBERS, Quick Bird, Aster, dan lain-lain. Dari sejumlah satelit tersebut, yang dapat dibuat model 3 dimensi (3D) adalah ALOS dan Aster. Pada penelitian ini lebih mengkaji pada satelit ALOS. Penelitian ini merupakan lanjutan kajian penurunan DSM2DEM dengan hitung perataan kuadrat terkecil metode parameter.

ALOS adalah satelit milik Jepang yang diluncurkan pada tanggal 24 Januari 2006 yang membawa 3 instrumen sensor yaitu PRISM, AVNIR dan PALSAR. PRISM (*The panchromatic Remote Sensing Instrument for Stereo Mapping*) adalah sensor untuk merekam citra optis pankromatik pada panjang gelombang 0.52 – 0.77 μm dan mempunyai resolusi

spasial 2.5 m. Sensor ini mempunyai 3 teleskop untuk merekam citra stereo dari arah depan (*Forward*), arah tegak lurus (*Nadir*) dan arah belakang (*Backward*) searah dengan orbit satelit (*along track*). Kombinasi citra stereo tersebut dapat digunakan untuk menghasilkan DSM dengan akurasi yang sedang untuk memetakan permukaan bumi dalam skala 1:25.000 atau lebih besar. Teleskop pada arah tegak lurus dapat merekam citra dengan lebar 70 Km, sedangkan arah depan dan arah belakang merekam dengan lebar sebesar 35 Km. Sudut yang dibentuk teleskop arah depan dan arah belakang terhadap arah tegak lurus adalah 24^0 , ini bertujuan untuk menghasilkan data stereo dengan rasio lebar/tinggi (*base to height ratio*) yang mendekati nilai 1 (JAXA, 2006).

DSM merupakan model permukaan digital dengan referensi permukaan objek terhadap *Mean Sea Level* (MSL) 18,61 tahun. DEM merupakan model permukaan digital yang mempunyai referensi terhadap ellipsoid. DTM merupakan model permukaan digital yang mempunyai referensi terhadap koordinat toposentrik dan telah dilakukan koreksi unsur-unsur geodetis terhadap model tersebut. DGM merupakan model permukaan digital yang mempunyai referensi

*) Peneliti Purbangja LAPAN

**) Staf Pengajar Program Studi Teknik Geodesi
Fakultas Teknik Undip

terhadap geoid/rata-rata ekuipotensial yang berimpit dengan MSL.

DSM maupun DEM hasil DSM2DEM dari Alos Prism merupakan salah satu pengembangan terbaru dalam pemodelan 3D. Pada penelitian ini mengkaji tentang pemodelan 3D dengan menggunakan Alos Palsar. Citra satelit ini merupakan data radar atau citra yang menggunakan sensor aktif. Salah satu kelebihan pemodelan 3D dengan data radar adalah objek citra bebas dari awan. Selain itu data radar dapat digunakan untuk mengganti daerah tertutup awan pada data optis seperti Prism dan Avnir. Ada beberapa jenis transformasi yang digunakan dalam metode DSM2DEM pada pemodelan 3D Alos Palsar.

Tranformasi Sebangun merupakan jenis tranfomasi yang menggunakan empat paraameter (a, b, c, dan d). Transformasi Affine merupakan jenis transformasi yang menggunakan enam parameter (a, b, c, d, e, dan f). Transformasi Proyektif adalah jenis transformasi yang menggunakan delapan parameter (a, b, c, d, e, f, g, dan h).

Hipotesa

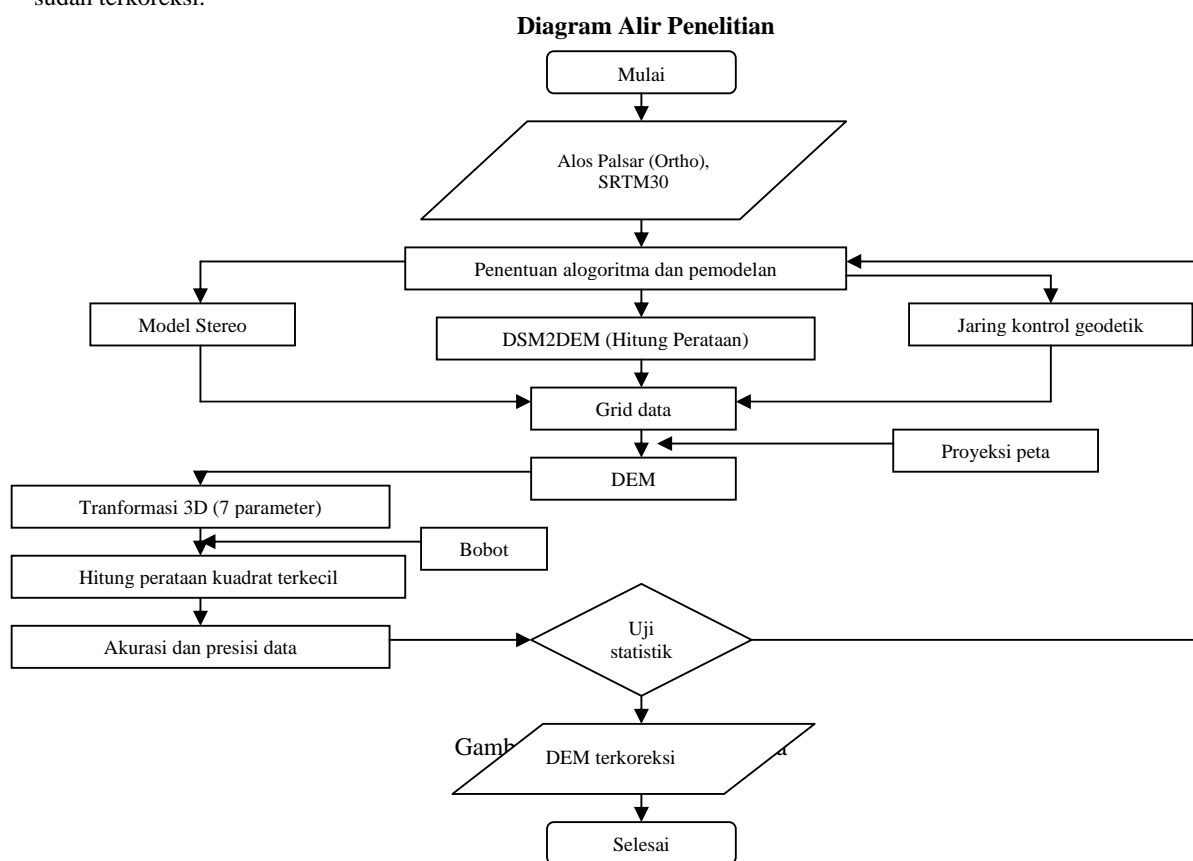
Penelitian tentang penurunan DSM menjadi DEM ini akan menghasilkan suatu model digital 3D yang sudah terkoreksi.

Penurunan ini mengkaji bagaimana kualitas DEM yang dihasilkan secara metode DSM2DEM dan stereo? Bagaimana dengan akurasi dan presisi DEM yang dihasilkan? Selain itu juga bagaimana algoritma yang digunakan dalam pemodelan Alos Palsar?

Metodologi Penelitian

Pada penelitian ini lebih melakukan pemodelan 3D data radar dengan menggunakan Alos Palsar. Pemodelan 3D secara DSM2DEM dilakukan pada Palsar yang sudah ortho rektifikasi serta dilakukan juga analisa akurasi dan presisi data Alos Palsar dengan perbandingan transformasi Sebangun, Affine, dan Proyektif secara hitung perataan kuadrat terkecil metode parameter. Hasil koreksi geometrik yang berupa akurasi dan presisi tersebut kemudian akan digunakan untuk perbandingan terhadap penelitian sebelumnya dan peningkatan ketelitian pada penelitian berikutnya dalam menurunkan DSM menjadi DEM. Selain itu juga dapat digunakan untuk peningkatan akurasi dan presisi data optis seperti Prism dan Avnir yang bebas dari gangguan awan

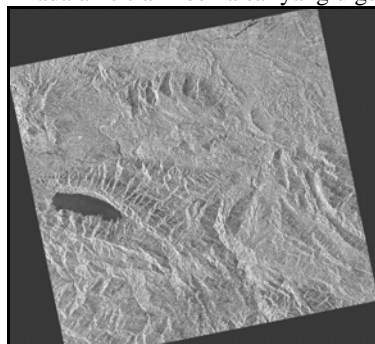
Diagram alir penelitian dapat dilihat pada Gambar 1.



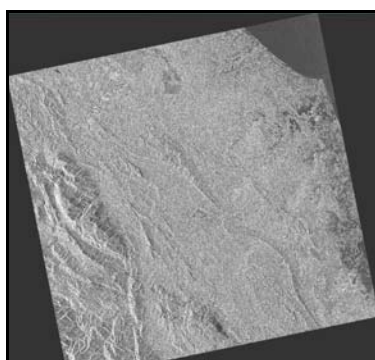
Pelaksanaan Penelitian

Data satelit Alos yang digunakan adalah Palsar dengan kondisi ortho rektifikasi dan bertampalan minimal 30% untuk jenis overlay atas-bawah. Kondisi ortho tersebut sudah memenuhi kriteria kesalahan $\pm 1.5^0$ serta sudah terkoreksi secara geometrik. Selain itu juga disamakan sistem proyeksi peta yang digunakan pada kedua citra Alos Palsar tersebut.

Berikut ini adalah citra Alos Palsar yang digunakan.



Gambar 2. Palsar Ortho (kiri)



Gambar 3. Palsar Ortho (kanan)

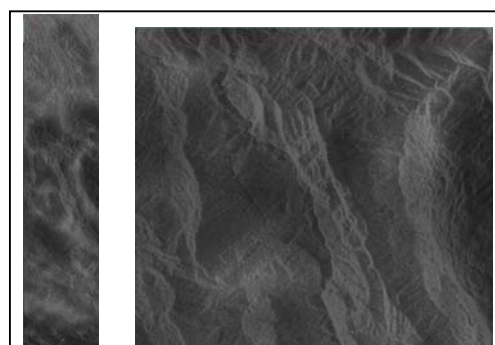
Dari kedua citra Alos Palsar di atas terlihat pertampalan sekitar 30% sehingga memungkinkan untuk dilakukan stereo pada daerah yang bertampalan. Untuk daerah yang tidak bertampalan dilakukan penurunan model 3D secara DSM2DEM dengan minimal 14 titik penelitian. Nilai koordinat yang digunakan dalam DSM2DEM dibantu dengan titik kontrol tanah yang diperoleh dari peta Rupa Bumi Indonesia (RBI) skala 1:25.000 dan SRTM 30.

Penggunaan data RBI dan SRTM 30 dimaksudkan agar penyebaran titik merata dan terlihat jelas pada citra Alos sehingga perambatan kesalahan tidak akan lebih kecil (Arsana dan Julzarika, 2007). Setiap pengukuran mempunyai kesalahan ukuran, baik kesalahan acak maupun kesalahan tidak acak (Arsana dan Julzarika, 2007).

Pada penelitian ini menggunakan 14 titik ikat yang akan dijadikan sebagai *Ground Control Points* (GCPs), karena bentuk wilayah yang bertampalan memanjang dari utara ke selatan, sehingga akan menyebabkan presisi data mengumpul pada wilayah tengah dan akan menyebar pada arah utara-barat, utara timur serta pada arah selatan-barat, selatan timur (Julzarika, 2007). Keadaan ini akan menimbulkan akurasi tinggi pada wilayah tengah dan akan merata pada wilayah utara dan selatannya (Julzarika, 2007).

Citra Palsar yang digunakan mempunyai sistem proyeksi UTM 47 dengan datum WGS'84 dan terletak pada northern hemisphere. Teknik pembentukan model 3D Alos Palsar pada penelitian ini menggunakan dua penggabungan metode yaitu metode stereo pada area yang bertampalan dan metode DSM2DEM di area yang tidak bertampalan serta peningkatan akurasi dan presisi pada area bertampalan dengan metode DSM2DEM.

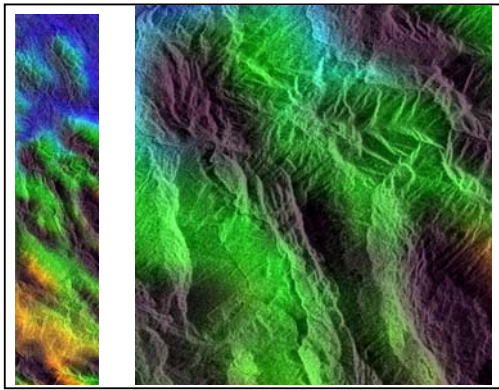
Berikut ini adalah contoh hasil metode stereo dan metode DSM2DEM pada area yang bertampalan.



Gambar 4. Model Stereo Palsar (Pankromatik)

Citra stereo di atas merupakan kondisi citra Palsar dalam kondisi pankromatik sehingga bisa menampilkan kondisi kemiringan lereng. Selain itu citra Palsar bisa ditampilkan secara multispektral sehingga dapat menampilkan informasi spasial yang lebih atraktif dan menarik. Berikut ini merupakan tampilan citra stereo Palsar secara multispektral tanpa menghilangkan informasi spasial pada Palsar pankromatik.

Proses selanjutnya setelah metode stereo adalah pembuatan DEM dengan metode DSM2DEM. Pada proses ini dibuat dengan menggunakan 14 titik penelitian. Semua titik tersebut dibuat sebuah jaringan kontrol geodesi untuk mengetahui tingkat akurasi dan presisi serta pembentukan model dan pola jaringan tersebut.



Gambar 5. Model Stereo Palsar (Multispektral)

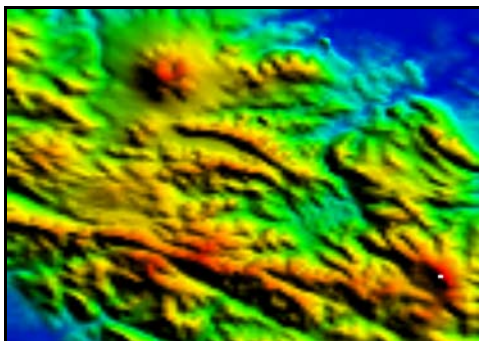
Ke 14 titik penelitian tersebut berpengaruh dalam proses penentuan range yang digunakan dalam penurunan DSM ke DEM. Range tersebut menggunakan kisaran (Julzarika, 2008).

1. Tinggi masing-masing titik penelitian adalah hi meter
2. *Range* arah sumbu x : $X-dxi$ s/d $X+dxi$
Maka *range* $X = X$ (pada penelitian ini lebih mengutamakan elevasi/sumbu z)
3. *Range* arah sumbu y : $Y-dyi$ s/d $Y+dyi$
Maka *range* $Y = Y$ (pada penelitian ini lebih mengutamakan elevasi/sumbu z)
4. *Range* arah sumbu z : $Z-dzi$ s/d $Z+dzi$

Pembuatan DEM

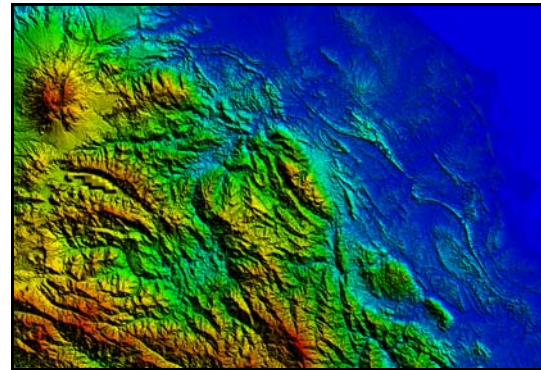
DEM yang dibuat merupakan hasil penurunan dari DSM yang dibuat dengan dua citra Alos Palsar ortho yang dibantu dengan peta RBI skala 1:25.000 dan SRTM 30. Model 3D yang terbentuk dari kedua citra ini digunakan sebagai referensi dalam penurunan model. Sedangkan 14 titik penelitian merupakan titik kontrol tanah yang diperoleh dari peta rupa Bumi Indonesia skala 1:25000 dan SRTM 30. Berikut ini merupakan hasil pemodelan 3D citra Alos Palsar.

Model 3D Citra Satelit Alos Palsar (DEM)



Gambar 6. DEM Palsar dari gabungan stereo dengan DSM2DEM

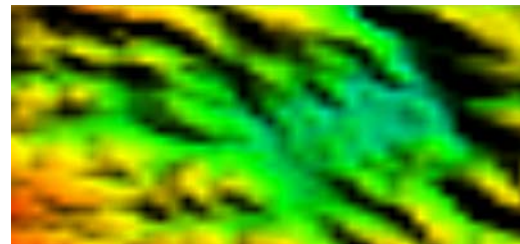
Gambar di atas merupakan hasil penurunan DSM ke DEM di mana memiliki akurasi 5 meter dan presisi seksama. Pembahasan tentang akurasi dan presisi ini akan dibahas pada bagian uji ketelitian secara hitung perataan. DEM dari Alos Palsar ini juga memiliki pola dan model yang mirip dengan kondisi SRTM 30 untuk wilayah yang sama pada citra Palsar tersebut. Berikut ini gambaran SRTM 30 wilayah yang sama dengan Alos Palsar yang masih berbentuk DSM.



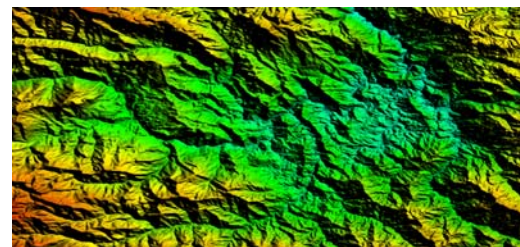
Gambar 7. DSM dari SRTM 30

Penentuan kelerengan wilayah pada DEM hasil Alos Palsar dilakukan secara otomatis dengan menggunakan metode *digital number* (Julzarika, 2008). Citra satelit Alos Palsar tersebut dapat menentukan pola DAS, nilai kelerengan terendah menunjukkan pola aliran DAS, sedangkan nilai tertinggi menunjukkan pola punggung bukit (Julzarika, 2008).

Berikut ini contoh lebih detail tentang tampilan 3D pada DEM Alos Palsar dan SRTM 30 (DSM)



(a). DEM Palsar



(b). DSM SRTM30

Gambar 8. Perbandingan DEM Palsar dengan DSM SRTM30

Uji Range

Penurunan DEM dari DSM pada masing-masing titik penelitian mempunyai syarat mutlak, yaitu nilai DEM dari DSM hanya terdapat pada *Range Z* ($Z-dzi$ s/d $Z+dzi$ meter), sedangkan nilai yang berada diluar *range* merupakan *Bull Eye's* (Julzarika, 2008). Istilah ini sering digunakan dalam interpolasi kontur.

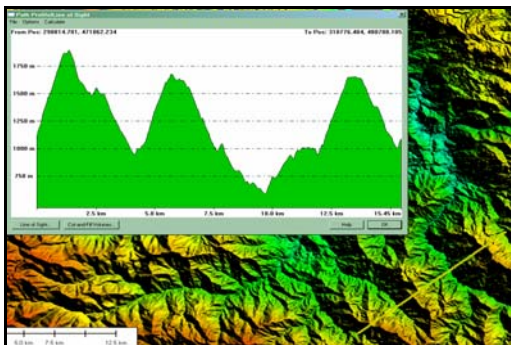
Bull Eye's bisa disebabkan oleh interpolasi kontur yang salah akibat penyebaran titik tinggi yang tidak merata atau bisa juga disebabkan oleh nilai titik tinggi yang tidak sesuai dengan yang sebenarnya. *Bull Eye's* merupakan titik, garis, atau area yang mempunyai nilai ketinggian, akan tetapi nilai tersebut tidak merepresentasikan keadaan sebenarnya di lapangan

Penurunan DSM2DEM lereng gunung Merbabu menggunakan 14 titik penelitian dan pembuatan kontur. 14 titik penelitian akan membuat suatu jaring kontrol geodetis dengan pola mirip dengan *Triangular Irregular Network* (TIN), tapi berbeda dalam pemodelan data (Julzarika, 2008).

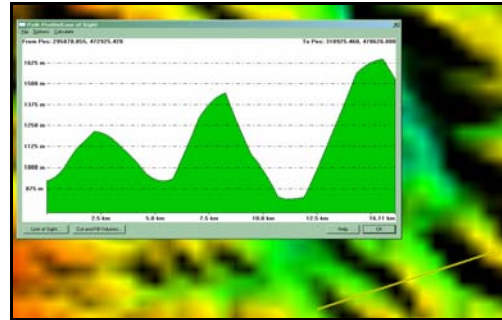
Uji Tampilan DEM Secara Profil Melintang

DEM yang telah dibuat harus diuji, baik secara statistik maupun secara non-statistik. Uji secara non-statistik bisa berupa tampilan. Uji tampilan DEM ini menggunakan metode profil melintang. Profil merupakan kenampakan objek baik secara topografi maupun non topografi. Profil terbagi atas dua macam, yaitu profil memanjang dan profil melintang. Profil melintang merupakan kenampakan objek secara melintang secara tegak lurus terhadap sumbu objek tersebut. Contoh profil melintang adalah kenampakan melintang dari jalan, profil melintang sungai, *continental shelf*, pegunungan, perbukitan, dan lain-lain.

Profil memanjang merupakan kenampakan objek memanjang mengikuti sumbu objek tersebut, misal profil as jalan, *breakline*, garis antar *thalweg* sungai.



Gambar 9. Analisa DSM dari SRTM 30 dengan metode profil melintang

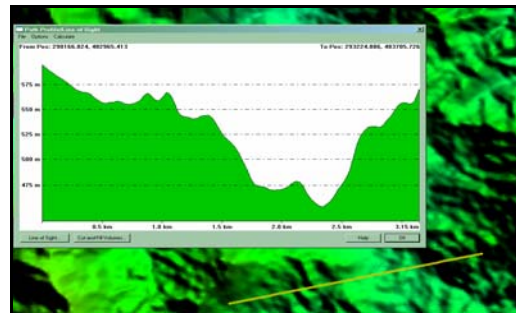


Gambar 10. Analisa DSM2DEM dari DEM Alos Palsar dengan metode profil melintang

Pada proses ini dilakukan dengan cara membuat garis secara melintang pada lereng dari timur ke timur laut. Dari hasil tersebut bisa dilihat bagaimana kenampakan DEM yang berada pada lereng tersebut. Profil tersebut sudah meliputi hutan dan sungai yang ada di lereng tersebut.

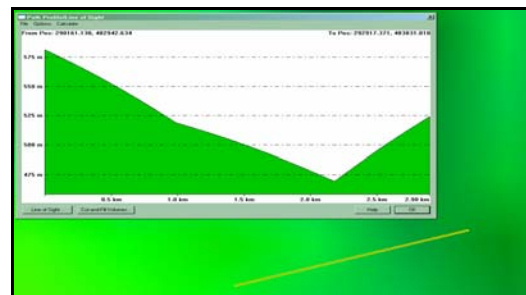
Pada profil ini juga dilakukan analisa visual bagaimana kenampakan DEM yang berada pada lereng tersebut. Profil yang dianalisa meliputi kenampakan hutan dan sungai (*hidrology flow*) pada lereng tersebut.

Berikut ini contoh lain dari analisa DSM dari SRTM 30 dengan metode profil melintang



Gambar 11. Analisa DSM dari SRTM 30 dengan metode profil melintang

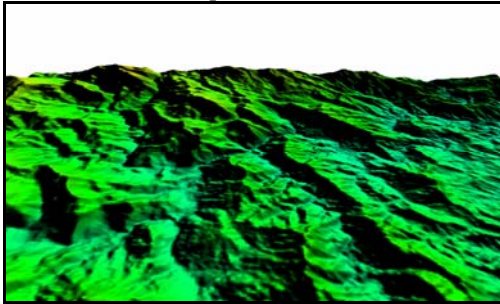
Berikut ini contoh lain dari analisa DSM2DEM dari DEM Alos Palsar dengan metode profil melintang.



Gambar 12. Analisa DSM2DEM dari DEM Alos Palsar dengan metode profil melintang

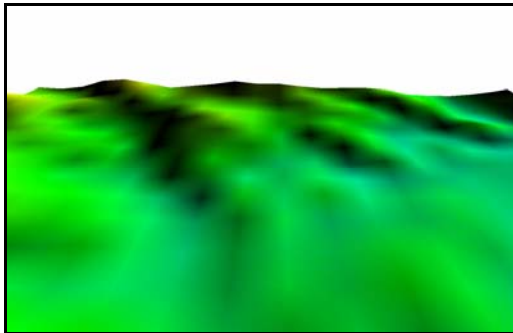
Analisa DEM secara profil melintang juga dilakukan pada area yang sama dengan DSM sebelumnya. Sebagai contoh, diambil profil melintang di wilayah hutan (daratan). Pada profil melintang tersebut sudah terlihat penurunan DSM menjadi DEM. Pada profil melintang DEM ini akurasi elevasi bisa mencapai $5 \pm 0,05$ meter sehingga bisa digunakan untuk aplikasi *tsunami modeling*, *burned forestry*, *hydrology flow*, pergeseran tanah, pergerakan lempeng, maupun aplikasi pemodelan yang lain.

Berikut ini contoh tampilan 3D DSM dari SRTM 30.



Gambar 13. Tampilan 3D DSM dari SRTM 30

Pada gambar tersebut masih terlihat kondisi hutan, sungai, perbukitan, pegunungan, dan fitur alam lainnya yang masih belum tereferensi dengan baik ke ellipsoid serta belum dilakukan koreksi permukaan objek. Jika dibandingkan dengan hasil penurunan model 3D DSM2DEM dari citra Alos Palsar, maka terlihat perbedaan akan tetapi masih memiliki pola dan model yang sama. Berikut ini tampilan 3D hasil penurunan DSM2DEM dari Alos Palsar.



Gambar 14. Tampilan 3D DEM dari Palsar

Pada gambar di atas terlihat kondisi *bare earth* dari DEM Alos Palsar di mana kondisi permukaan objek sudah tidak ada lagi. Kondisi ini sudah tereferensi ke ellipsoid dan telah dilakukan koreksi permukaan objek.

Kesimpulan

Penelitian tentang penurunan model digital (DSM2DEM) dengan citra Alos Palsar menghasilkan beberapa kesimpulan sebagai berikut.

1. DSM bisa diubah menjadi DEM dengan menggunakan metode DSM2DEM hasil pengembangan hitung perataan kuadrat terkecil.
2. Citra Alos Palsar dapat dibuat dengan gabungan metode Stereo dan DSM2DEM.
3. DEM dibuat merupakan hasil range z pada ($Z-dzi$ s/d $Z+dzi$) dimana nilai elevasi di luar range merupakan Bull Eye's. Sedangkan *Range* arah sumbu x : $X-dxi$ s/d $X+dxi$ dan *Range* arah sumbu y : $Y-dyi$ s/d $Y+dyi$ serta tinggi masing-masing titik penelitian adalah hi meter
4. Pembuatan DEM dilakukan dengan membuat kontur pada range z kemudian diubah menjadi TIN dan dibuat dalam grid. Kemudian data tersebut ditampilkan sebagai DEM.
5. Parameter transformasi 3D yang diperoleh berpengaruh terhadap model transformasi yang digunakan, bebas dari kesalahan tak acak, dan semua parameter bersifat eksis.

Daftar Pustaka

1. Arsana, I.M.A., dan Julzarika, A., 2006, *Liscad-Surveying & Engineering Software*, Geodesy and Geomatics Engineering, University of Gadjah Mada and PT. Leica/Almega Geosystem, Yogyakarta.
2. Arsana, I.M.A, dan Julzarika, A., 2007, *Memfaatkan Fitur-Fitur Google*, 1st printed, PT. Elexmedia Komputindo, Jakarta.
3. Hadiman., 1999, *Hitung Perataan*, Jurusan Teknik Geodesi Geomatika, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
4. Hadiman., 2005, *Sistem dan Transformasi Koordinat*, Jurusan Teknik Geodesi Geomatika, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
5. Hanselman, D., dan Littlefield, B., 1997, *Matlab*, 9th printed, PT. Andi offset, Yogyakarta.
6. Julzarika, A., 2008, 3D Modelling Technical of Lapan Tubsat Satellite Imagery Using Videogrammetry and Its Statistical Test (Study of Case: Merapi Volcano, Yogyakarta, Indonesia), ASAIHL SCOPUS Young Scientist Award 2008 (Nominee), Thailand.
7. Julzarika, A., 2008, 3D Modelling Technical of Lapan Tubsat Satellite Imagery Using Videogrammetry and Its Statistical Test (Study of Case: Merapi Volcano, Yogyakarta, Indonesia), Khwarizmi International Award 2008, Iran.

8. Julzarika, A., 2007, Analysis of coordinates changing caused by the changing of map file types in developing internet based geographic information system/*Analisa Perubahan Koordinat Akibat Proses Perubahan Format Tampilan Peta pada Pembuatan Sistem Informasi Geografis Berbasis Internet*, Undergraduate thesis, Geodesy and Geomatics Engineering, University of Gadjah Mada, Yogyakarta.
9. Julzarika, A., 2007, *AutoCad Map*, Program Studi Teknik Geodesi Universitas Diponegoro, Semarang.
10. Julzarika, A., 2007, *AutoCad Land Development*, Program Studi Teknik Geodesi Universitas Diponegoro, Semarang.
11. Julzarika, A., 2008, Differential of Digital Surface Model (DSM) to be Digital Elevation Model (DEM) from ALOS Satellite Imagery Using Least Square Adjustment Computation (Study of Case: Cilacap, Indonesia), ASAIHL SCOPUS Young Scientist Award 2008 (Nominee), Thailand.
12. Julzarika, A., 2008, Differential of Digital Surface Model (DSM) to be Digital Elevation Model (DEM) from ALOS Satellite Imagery Using Least Square Adjustment Computation (Study of Case: Cilacap, Indonesia), Khwarizmi International Award 2008, Iran.
13. Julzarika, A., 2007, *Bahan Kuliah Survei Hidrografi (Videogrammetry, Underwater Photogrammetry, Underwater Archeology)*, Program Studi Teknik Geodesi Universitas Diponegoro, Semarang.
14. Julzarika, A., 2008, *Optimasi penurunan DSM2DEM dengan menggunakan data optis dan data radar menurut Teknik Geodesi dan Geomatika*, General Stadium, Program Studi Teknik Geodesi Universitas Diponegoro, Semarang.
15. Julzarika, et.al. 2008. *Teknik Penurunan Digital Surface Model (DSM) Dari Citra Satelit ALOS Menjadi Digital Elevation Model (DEM)*. MAPIN, Bandung.
16. Konecny dan Lehmann, 1984, *Photogrammetrie*, Walter de Gruyter & Co., Berlin, Jerman.
17. Soeta'at., 1996, *Hitung Kuadrat Terkecil Lanjut*, Jurusan Teknik Geodesi Geomatika, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
18. Soeta'at., 2001, *Sistem dan Transformasi Koordinat*, Jurusan Teknik Geodesi Geomatika, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
19. Spiegel, M.R., 1975, *Theory and Problems of Probability and Statistics*, Mc Grow-Hill book company, USA.
20. Uotila, U.A., 1985, *Adjustment Computations Notes*, Department of Geodetic Science and Surveying The Ohio State University, Ohio.
21. Widjajanti, N., 1997, *Diktat Hitung Perataan*, Jurusan Teknik Geodesi Geomatika, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
22. Widjajanti, N., dan Sutanta, H. 2006: *Model Permukaan Digital*, Jurusan Teknik Geodesi Geomatika, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
23. Wolf, P.R., 1981, *Adjustment Computations: (practical least square for surveyors)*, 2nd edition, Institute Technology of Bandung, Bandung.